Elektrisch ausgelöster Eigenreflex

in der mimischen Muskulatur des Menschen

Michael Poremba

1972

Dissertationsdruck- und Verlagsanstalt
Werner Blasaditsch · 89 Augsburg · Theodor-Heuß-Platz 3 · Tel. (0821) 25563

Aus der Neurochirurgischen Klinik der Universität München
Direktor : Prof. Dr. F. Marguth

ELEKTRISCH AUSGELÖSTER EIGENREFLEX IN DER MIMISCHEN MUSKULATUR DES MENSCHEN

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Gesamten Medizin verfasst und einer Hohen Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Michael Poremba
aus
München
1971

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Berichterstatter : Prof. Dr. F. Marguth
Mitberichterstatter : Prof. Dr. H.H. Kornhuber
Dekan : Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung : 8. 2. 1972

Diese Arbeit ist meinen Eltern gewidmet

INHALTSÜBERSICHT

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
2.	VERSUCHSPERSONEN	4
3.	METHODIK	5
3.1.	Allgemeine Reiz- und Registriertechnik	5
3.2.	Elektromyographische Untersuchungen	5
3.3.	Bestimmung der Leitungsgeschwindigkeit des N. facialis	7
3.4.	Reflexuntersuchungen	8
3.4.1.	Reflexuntersuchungen bei Facialisreizung	8
3.4.2.	Trigemino-facialer Reflex	9
4.	ERGEBNISSE	10
4.1.	Elektromyographische Untersuchungen	10
4.2.	Nervenleitungsgeschwindigkeit	10
4.3.	Reflexuntersuchungen	10
4.3.1.	Reflexuntersuchungen bei Facialisreizung	10
4.3.2.	Trigemino-facialer Reflex	12
5.	DISKUSSION	24
6.	SCHLUSSBETRACHTUNG	34
7.	ZUSAMMENFASSUNG	36
8.	LITERATUR	38

1. EINLEITUNG

Es war bisher umstritten, ob die Gesichtsmuskulatur des Menschen einen monosynaptischen Eigenreflex besitzt, wie er für die Skelettmuskulatur nachgewiesen ist. 1924 nahm HOFFMANN[35] an, daß die mimische Muskulatur nicht eigenreflektorisch geregelt sei, da sie weder Gelenkbewegungen auszuführen, noch größere Trägheitsmomente zu überwinden habe. Diese Ansicht vertrat noch 1948 SZENTAGOTHAI[91,92]. SOMMER[88] hatte 1938 vergeblich versucht, Eigenreflexe in der Facialismuskulatur auszulösen. Demgegenüber bezeichnete WARTENBERG[97] 1945 den Glabellareflex als den Eigenreflex des M. orbicularis oris, da dieser wie ein proprioceptiver Reflex der Skeletmuskulatur durch rasche Muskeldehnung ausgelöst werde. 1952 registrierten KUGELBERG[52] und EKBOM[24] erstmalig mechanisch und elektrisch im Gesichtsbereich ausgelöste Reflexe der mimischen Muskulatur; die Reflexpotentiale wiesen bei beiden Auslösungsmodus jeweils zwei Komponenten auf. Für die erste Komponente vermutete KUGELBERG[52] eine monosynaptische Verschaltung, für die zweite einen polysynaptischen Reflexbogen. Bei Anaesthesie des N. trigeminus verschwanden beide Reflexpotentiale. KUGELBERG[52] folgerte daraus, daß die Afferenz des Reflexes über den fünften Hirnnerven verlaufe, während seine Efferenz über den N. facialis geleitet werde und bezeichnete ihn deshalb als trigeminofacialen Reflex. Die Befunde von KUGELBERG[52] und EKBOM[24] wurden in späteren Untersuchungen bestätigt[1,3,9,25,37,38,63,64,73-76,78,90,93]. RUSWORTH[72] fand jedoch Anhaltspunkte dafür, daß die Gesichtsmuskulatur motosensibel nicht nur über den N. trigeminus, sondern auch direkt über den N. facialis versorgt wird. Er erklärte eine Para-

geusie nach idiopathischer Facialisparese als Folge einer Fehleinsprossung solcher motosensibler Facialisfasern während der Regeneration des Nerven. Als weiteren Hinweis für motosensible Afferenzen im N. facialis berichteten GANDIGLIO und FRA[27], daß bei Patienten mit leichtgradiger idiopathischer Facialisparese isoliert die monosynaptische Komponente des KUGELBERG'schen trigemino-facialen Reflexes ausgefallen sei, obwohl die polysynaptische Komponente noch erhalten war. Die Autoren folgerten daraus, daß es für die mimische Muskulatur auch über den N. facialis einen Eigenreflexbogen geben müsse.

Entgegen früheren histologischen Untersuchungen[2,10,11,13,14,22,29,30,31,32,33,40,41,87] wies KADANOFF[49] 1956 typische Muskelspindeln in der Facialismuskulatur des Menschen nach. Er fand diese vorwiegend in der perioralen Muskulatur. KADANOFF's Befunde wurden 1960 von BOWDEN[7,8] und 1961 von OKAMOTO[65] bestätigt. Unabhängig hiervon beschrieb VOSS[94] 1956 Muskelspindeln in dem ebenfalls vom N. facialis versorgten M. stylohyoideus. Durch den histologischen Nachweis von Muskelspindeln in der Facialismuskulatur gewinnen die älteren Arbeiten von EDGEWORTH[22], IVY[48], KIDD[51], SOUQUES[89], HUBER[39-41], CARMICHAEL[12], WAKELEY[96] sowie WEINGROW[98] wieder an Bedeutung: diese Autoren hatten vermutet, daß die etwa 16 % sensiblen Fasern im N. facialis motosensibel sind und nicht, wie andere angenommen hatten[26,44-47,53,67,70], ausschließlich aus dem Versorgungsgebiet des Nerven an der Ohrmuschel stammen.

Die histologischen Befunde von KADANOFF[49], BOWDEN[7,8] und OKAMUTO[65] sprechen zusammen mit den klinisch-experimentellen Untersuchungsergebnissen[27,72] für die Existenz eines über den N. facialis verlaufenden Eigenreflexes in der mimischen Muskulatur des Menschen. In der vorliegenden Arbeit wurde daher versucht, einen solchen Eigenreflex der mimischen Muskulatur in Analogie zum elektrisch ausgelösten monosynaptischen Eigenreflex des M. soleus auszulösen. Wir wollten damit neurophysiologisch motosensible Afferenzen im N. facialis nachweisen.

2. VERSUCHSPERSONEN

Wir untersuchten 15 Versuchspersonen im Alter von 17 - 65 Jahren, von denen 12 neurologisch unauffällig waren. Bei einer 57-jährigen Versuchsperson war vor 3 Jahren eine rechtsseitige periphere Facialisparese klinisch ohne Restfolgen abgeheilt und bei einer 61- und einer 65-jährigen Versuchsperson war 1 bzw. 2 Jahre zuvor wegen einer therapieresistenten Trigeminusneuralgie jeweils eine einseitige retroganglionäre Trigeminusdurchtrennung nach FRAZIER-SPILLER durchgeführt worden. Die Operierten wiesen auf der Seite der Trigeminusdurchtrennung im Autonomgebiet des Nerven eine Hypaesthesie bzw. eine Anaesthesie für alle sensiblen Qualitäten sowie einen aufgehobenen Cornealreflex auf. Die ältere der beiden Versuchspersonen bot auf der operierten Seite zusätzlich eine Atrophie der M.m. masseter und temporalis mit daraus resultierendem Schrägbiß. Die Nummerierung der Versuchspersonen nach dem Lebensalter ist in Tabelle 1 (S.13) aufgeführt und wird im Folgenden beibehalten.

3. METHODIK

3.1. Allgemeine Reiz- und Registriertechnik

Die Versuchspersonen befanden sich während der Untersuchungen in Rückanlage auf einer Untersuchungsliege; der Kopf war dabei durch eine Nackenrolle unterstützt. Als Reiz- und Registriergeräte verwendeten wir DISA-Myographen (Typen 14 A 30, 14 A 21, 14 A 10) und TÖNNIES-Myographen (Typen M 32, M 45). Zur Nervenreizung benutzten wir isolierte Semimikroelektroden von 10 - 30 μ freier Spitze (Typ MICROTRODE^{R}) und selbstgefertigte blanke Stahlnadeln von 0,3 mm Durchmesser. Die Semimikroelektroden wurden zusammen mit einer innen polierten Führungskanüle durch die Haut in Richtung auf den Nerven eingestochen und unter wiederholter Stimulation bei elektromyographischer Kontrolle bis zum Nervenkontakt vorgeschoben. Wir reizten bipolar mit Rechteckimpulsen von 0,1 msec Dauer und Stromstärken von 0,4 - 6,0 mA. Für die elektromyographischen Ableitungen verwendeten wir bipolare DISA-Nadelelektroden (Typ 9013 K 0801) und selbstgefertigte silberchloridierte Oberflächenklebeelektroden mit 10 mm Durchmesser. Der Frequenzgang der Registrierungen wurde unterhalb 100 Hz und oberhalb 10 kHz beschnitten. Alle Ableitungen wurden mit verschiedenen Kippgeschwindigkeiten am Oszilloskop fotografiert.

3.2. Elektromyographische Untersuchungen

Wir leiteten bei den Versuchspersonen mit abgeheilter Facialisparese (VP 12) und mit Trigeminusdurchtrennung (VP 14 und 15) beidseits in der vom N. facialis innervierten Gesichtsmuskulatur

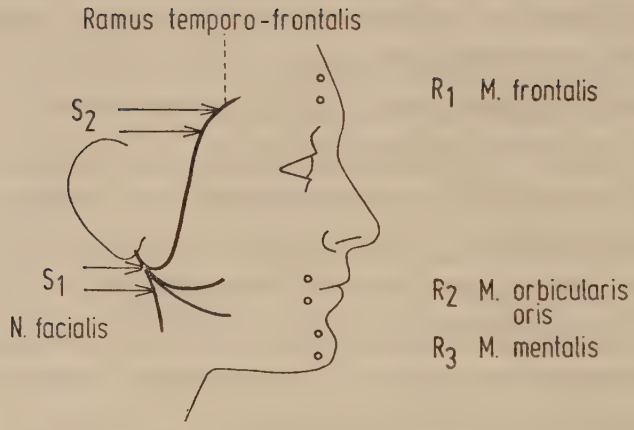

Abbildung 1 : Situationsskizze der Versuchsanordnung

Zeichenerklärung:

S1	Führungskanüle als proximale Reizelektrode für die Nervenleitungsgeschwindigkeitsmessung und/oder Semimikroelektroden zur intranervalen Stimulation des N. facialis für die Reflexuntersuchungen
S2	Paranervale Stimulationselektrode am R. temporofrontalis des N. facialis
R1/R2/R3	Oberflächenelektroden zur elektromyographischen Ableitung

Elektromyogramme ab. Im einzelnen elektromyographierten wir die vom Ramus temporofrontalis des N. facialis versorgten M.m. frontalis und orbicularis oculi und die vom Ramus buccinatorius versorgten M.m. orbicularis oris und mentalis. Bei den Versuchspersonen mit Trigeminusdurchtrennung elektromyographierten wir zusätzlich beidseits die M.m. temporalis und masseter. Alle Elektromyogramme wurden in Ruhe und während Willkürinnervation registriert.

3.3. Bestimmung der motorischen Leitungsgeschwindigkeit des N.facialis

Abbildung 1 (S. 6) zeigt eine Skizze der Versuchsanordnung. Die Leitungsgeschwindigkeit des N. facialis wurde aus methodischen Gründen an seinem Ramus temporofrontalis gemessen; nach HOLLINSHEAD[36] weist der Stirnast des N. facialis in seinem Verlauf weniger Variationen auf, als die übrigen Äste. Er verläuft außerdem im Unterschied zum Mundast gestreckt, so daß eine über der Haut gemessene Strecke der tatsächlichen Länge nahe kommt.

Wir berechneten die motorische Leitungsgeschwindigkeit als den Quotienten aus dem Abstand zweier Reizpunkte und der Differenz der motorischen Latenzen; wir verwendeten dazu jeweils diejenigen Latenzwerte, die wir bei Reizung mit supramaximalen Reizstärken erhielten. Um den methodischen Fehler möglichst klein zu halten, wählten wir bei allen Versuchspersonen einen konstanten Elektrodenabstand mit einer Toleranz von $\pm$ 1 cm. Die Elektrodenpaare in S1 und S2 wurden unter wiederholter Stimulation bei elektromyographischer Kontrolle solange in ihrer Lage zum Nerven korrigiert, bis wir bei annähernd identischen Schwellenwerten eine motorische Antwort im M. frontalis (R1) erhielten. Als proximale Reizelektroden am Foramen

stylomastoideum in S1 verwendeten wir die Führungskanülen der Semimikroelektroden, die nach vorheriger intracutaner Infiltration der Einstichstelle mit 1%iger Scandicainlösung percutan eingebracht wurden. Als distale Elektroden in S2 nahmen wir blanke Stahlnadelpaare, die paranerval zum R. temporofrontalis eingestochen wurden. Wir leiteten jeweils mit Oberflächenelektroden in R1 vom M. frontalis 2 cm lateral der Mittellinie ab.

3.4. Reflexuntersuchungen

3.4.1. Reflexuntersuchungen bei Facialisreizung

Die Versuchsanordnung geht aus Abbildung 1 (S.6) hervor. Der N. facialis wurde nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum in S1 gereizt. Die zur Bestimmung der Nervenleitungsgeschwindigkeit verwandte Führungskanüle wurde stufenweise in Richtung auf den Nerven vorgeschoben, wobei wir mit niedrigen Reizstärken in Abständen von 2 Sek. reizten. Wir korrigierten die Nadelposition solange, bis bei niedrigen Intensitäten um 1 mA in den vom Mundast versorgten M.m. orbicularis oris und mentalis eine motorische Antwort zu registrieren war. Anschließend führten wir durch die Kanülen die Semimikroelektroden in den Nerven ein. Ihre Lage im Nerven wurde solange verändert, bis wir auch bei supramaximalen Reizstärken nur in den vom Mundast versorgten Muskeln eine Antwort registrieren konnten. Die Position der Reizelektroden wurde in den ersten Versuchen röntgenologisch kontrolliert. Wir registrierten jeweils beidseits über den M.m. orbicularis oris (R2) und mentalis (R3) mit Oberflächenklebeelektroden und zusätzlich mit bipolaren Nadelelektroden, die unterhalb der Oberflächenelektrode in den Muskel eingestochen

wurden. Um die Werte untereinander vergleichen zu können, hielten wir wie bei Messung der Nervenleitungsgeschwindigkeit die Abstände zwischen den Reiz- und Ableiteelektroden mit einer Toleranz von ± 2 cm konstant (S1/R2 10 cm, S1/R3 11 cm). Bei allen Versuchspersonen reizten wir zusätzlich tetanisch mit Impulsserien von 100/sec, 3 Sek. Dauer und supramaximalen Reizstärken. Nach dem Tetanus wurden in Abständen von jeweils 1 Sek. 10 Testreize von ebenfalls supramaximaler Reizintensität gesetzt.

3.4.2. Trigemino-facialer Reflex

Durch intracutane Reizung am Kieferwinkel mit nichtisolierten Stahlnadeln lösten wir Reflexe der perioralen Muskulatur aus und leiteten beiderseits mit Oberflächenelektroden über dem M. orbicularis oris (Mundwinkel gegen Kinnspitze) ab. Wir verwendeten Rechteckimpulse von 3 msec Dauer und hohe, schmerzhafte Reizintensitäten bis zu 35 mA.

4. ERGEBNISSE

4.1. Elektromyographische Untersuchungen

Die Elektromyogramme der vom N. facialis versorgten M.m. frontalis, orbicularis oculi, orbicularis oris und mentalis waren bei der Versuchsperson mit abgeheilter Facialisparese (VP 12) und bei den Versuchspersonen mit Restfolgen nach Trigeminusdurchtrennung (VP 14 und 15) nicht pathologisch verändert. In Ruhe war keine pathologische Spontanaktivität abzuleiten, während Willküraktivität zeigte sich ein dichtes Interferenzmuster ohne pathologische Parameter der Aktionspotentiale. Bei einer der zwei Operierten (VP 15) fanden wir in den M.m. masseter und temporalis der operierten Seite Fibrillationspotentiale und positive Wellen ohne Willküraktivität, bei der zweiten Versuchsperson mit Trigeminusdurchtrennung (VP 14) waren dagegen auf der operierten Seite keine Denervierungszeichen in den von der radix masticatoria des N. trigeminus versorgten Muskeln nachzuweisen.

4.2. Nervenleitungsgeschwindigkeit

Die Werte der motorischen Leitungsgeschwindigkeit des Ramus temporofrontalis des N. facialis sind in Tabelle 1 (S. 13) aufgeführt. Die mittlere Leitungsgeschwindigkeit für die rechte Gesichtsseite betrug 32,7 m/sec (SD $\pm$ 2,43 m/sec), für die linke Gesichtsseite 31,9 m/sec (SD $\pm$ 2,41 m/sec).

4.3. Reflexuntersuchungen

4.3.1. Reflexuntersuchungen bei Facialisreizung

Bei allen Versuchspersonen konnten wir durch elektrische Reizung des N. facialis die direkte motorische Antwort M der ipsilateralen

Facialismuskulatur auslösen. Die Reizschwellen für M lagen bei 0,8 mA, ihre Latenzen bei supramaximaler Reizstärke betrugen im Mittel 3,8 msec bzw. 4,0 msec (Tabelle 2, S.14).

Bei den Versuchspersonen 2, 5, 7, 11 und 14 konnten wir nach der direkten motorischen Antwort ein zweites Potential SP (SP = Spätpotential) ableiten. SP war bei zwei Versuchspersonen (VP 5 und 7) auf beiden Gesichtsseiten, bei den drei übrigen (VP 2, 11 und 14) einseitig jeweils in der zur Facialisreizung ipsilateralen Muskulatur auszulösen und konnte in Kontrollableitungen reproduzierbar gefunden werden. SP wies in zwei Fällen (VP 2 und 5) eine Reizschwelle von 0,5 - 0,7 mA auf, war also bereits mit einer für M unterschwelligen Reizintensität zu erhalten. Bei den anderen Versuchspersonen lagen die Reizschwellen jeweils um 0,8 - 1,0 mA und waren damit annähernd gleich groß wie die der direkten motorischen Antwort. Bei ansteigender Reizstärke, wie in den Abbildungen 2 - 7 (S. 17-22), nahmen die Amplituden sowohl der motorischen Antwort M als auch der Spätantwort SP zu. Während die M-Amplitude nach Erreichen des Maximalwertes gleich blieb, wurde die Amplitude von SP bei für M supramaximalen Reizstärken wieder kleiner. Gleichbleibende Reizstärken ergaben konstante Amplituden der Spätpotentiale, wie Abbildung 5 (S.20) zeigt. Die Latenz des Spätpotentials war ebenfalls konstant und von der Reizintensität unabhängig. Der kleinste Wert betrug 13,0 msec, der größte 14,1 msec (Tabelle 3, S.15). Das Potential war bei Oberflächenableitung bi- bis triphasisch, bei Nadelableitung polyphasisch (Abbildung 4, S.19). Der Potentialverlauf war von der Reizstärke unabhängig, änderte sich jedoch bei verschiedener Lage der Ableitelektrode im Muskel.

Bei der Versuchsperson 2 erreichten wir nach tetanischer Reizung eine Zunahme der Amplitude von SP, während M unverändert blieb (Abbildung 7, S.22). Die mittlere Amplitudenzunahme betrug bei 20 Durchgängen mit jeweils 20 Sek. Pause 80 % des Ausgangswertes vor Tetanus.

4.3.2. Trigemino-faciale Reflexe

Bei den Versuchspersonen 2, 5, 7, 11 und 14 lösten wir durch Hautreizung am Kieferwinkel Reflexpotentiale im M. orbicularis oris aus. Abbildung 8 (S.23) zeigt einen solchen trigemino-facialen Reflex; die Meßdaten gehen aus Tabelle 4 (S.16) hervor. Die Potentiale ließen sich von beiden Gesichtsseiten jeweils ipsi- und kontralateral zur gereizten Seite auslösen. Die Gesamt-Mittelwerte von Latenz und Dauer der ipsilateralen und kontralateralen Reflexpotentiale bei beidseitiger Auslösung zeigten zwischen linker und rechter Seite keinen signifikanten Unterschied. Die Latenzen der kontralateralen Reflexantworten waren dagegen durchschnittlich um 0,5 msec länger als die der ipsilateralen. Bei den Versuchspersonen 14 und 15 mit Trigeminusoperation konnten wir bei Reizung auf der operierten Seite keine Reflexpotentiale auslösen, während wir bei Reizung auf der gesunden Seite beidseitig einen trigemino-facialen Reflex registrierten, der sich in seinen Parametern nicht von dem der übrigen Versuchspersonen unterschied.

Versuchs-person Nr.	Geschlecht	Alter in Jahren	Nervenleitungsgeschwindigkeit (msec) rechts	links
1	m	17	34	31
2	w	21	31	35
3	m	24	33	32
4	m	25	32	34
5	w	27	36	30
6	m	28	33	32
7	m	28	33	33
8	w	31	34	30
9	m	33	35	34
10	m	35	31	33
11	m	42	31	35
12	w	57	38	37
13	m	60	30	31
14	w	61	31	30
15	m	65	29	28
Gesamt-MW			32,7	31,9
SD			± 2,43	± 2,41

Tabelle 1 : Motorische Nervenleitungsgeschwindigkeiten des Ramus temporofrontalis des N. facialis.

Versuchs-person Nr.	M. orbicularis oris		M. mentalis	
	rechts	links	rechts	links
1	3,6	3,7	4,0	3,9
2	4,0	3,9	3,9	3,9
3	3,7	3,6	4,2	3,9
4	3,9	4,1	4,3	4,4
5	3,6	3,7	4,1	4,4
6	4,1	3,9	3,9	3,9
7	3,8	4,1	4,2	4,1
8	4,0	3,8	4,0	4,1
9	3,8	4,0	4,1	4,2
10	3,6	3,6	4,0	4,2
11	4,1	4,2	4,0	4,3
12	3,6	3,8	4,1	4,0
13	3,7	3,6	3,9	4,0
14	4,2	4,2	3,9	4,0
15	4,0	4,1	4,4	4,3
Gesamt-MW	3,82	3,88	4,04	4,10
SD	± 2,4	± 2,2	± 1,6	± 1,8

Tabelle 2 : Latenzen der direkten motorischen Antwort M in den M.m. orbicularis oris und mentalis

Versuchsperson Nr.	rechts Latenz (msec) MW	rechts Latenz (msec) SD	rechts Dauer (msec) MW	rechts Dauer (msec) SD	links Latenz (msec) MW	links Latenz (msec) SD	links Dauer (msec) MW	links Dauer (msec) SD
2	13,6	0,10	5,4	0,21	-	-	-	-
5	13,1	0,07	4,5	0,18	14,1	0,06	5,0	0,27
7	13,0	0,16	6,0	0,25	13,4	0,14	6,1	0,30
11	13,1	0,09	7,8	0,29	-	-	-	-
14	-	-	-	-	13,6	0,05	8,4	0,25
Gesamt-MW	13,2		5,9		13,7		6,5	
Gewogene mittlere SD		± 0,11		± 0,24		± 0,09		± 0,27

Tabelle 3 : Mittlere Latenz und Dauer der Spätpotentiale (je 20 Registrierungen).

Versuchsperson Nr.	rechts								links							
	ipsilateral				kontralateral				ipsilateral				kontralateral			
	Latenz (msec)		Dauer (msec)		Latenz (msec)		Dauer (msec)		Latenz (msec)		Dauer (msec)		Latenz (msec)		Dauer (msec)	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
2	48,2	6,4	41,2	11,3	49,0	5,5	40,8	10,4	50,2	5,7	42,7	9,1	48,9	8,1	47,2	8,5
5	50,1	6,7	46,2	5,5	51,1	7,4	39,2	6,2	50,3	7,5	43,2	7,4	50,3	9,7	48,0	7,9
7	50,3	4,0	45,9	6,0	52,4	6,7	43,1	7,5	49,0	5,8	48,0	6,3	51,9	7,1	47,5	5,1
11	47,9	7,5	44,0	5,4	45,9	8,0	45,9	8,0	48,5	6,9	45,1	7,5	49,1	4,5	45,8	7,2
14	51,6	6,2	46,5	8,2	52,3	7,0	42,8	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt-MW	49,6		44,7		50,1		42,4		49,5		44,7		50,0		47,1	
Gewogene mittlere SD		±6,3		±7,6		±6,9		±8,6		±6,5		±7,6		±7,6		±7,3

Tabelle 4 : Mittlere Latenz und Dauer des trigemino-facialen Reflexes

ipsilateral = auf der Seite der Reizung (rechts oder links)
kontralateral = auf der nicht gereizten Gegenseite

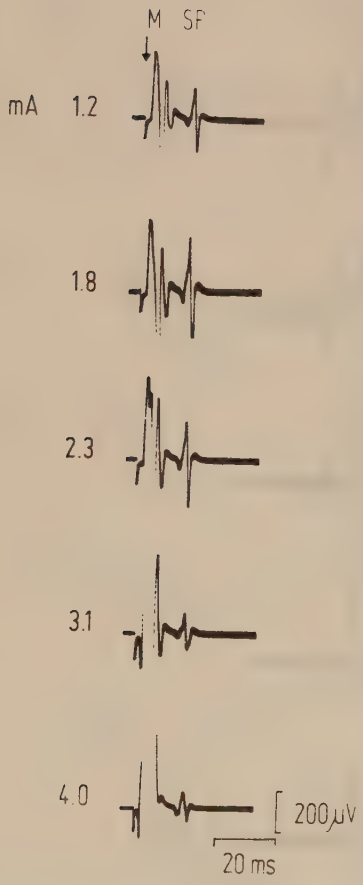

Abbildung 2 : Ableitung eines Spätpotentials (SP) am M.mentalis bei ansteigender Reizstärke. Die direkte Muskelantwort ist mit M bezeichnet, der Pfeil markiert den Reizbeginn.

Abbildung 3 : Ableitung eines Spätpotentials (SP) am M. mentalis bei ansteigender Reizstärke. Die direkte Muskelantwort ist mit M bezeichnet, der Pfeil markiert den Reizbeginn.

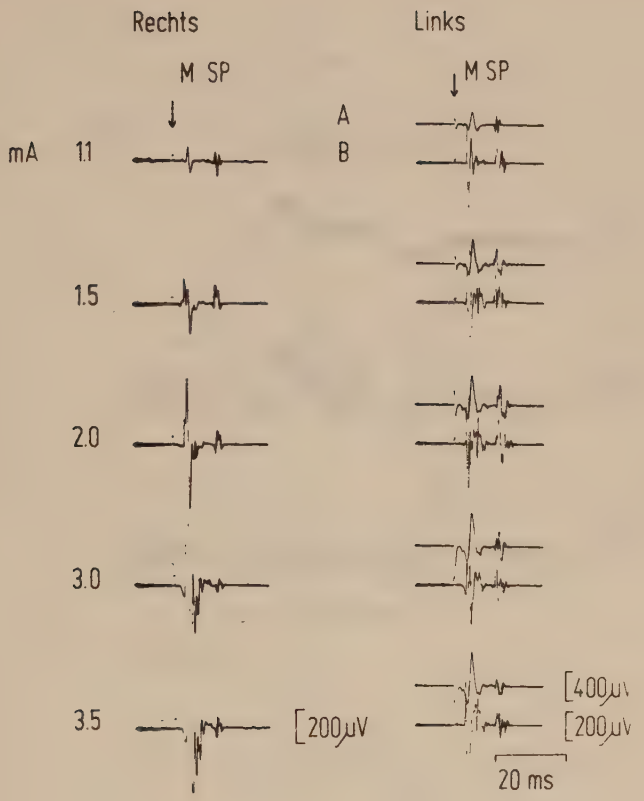

Abbildung 4 : Ableitungen von Spätpotentialen (SP) am M. orbicularis oris bei ansteigender Reizstärke.
A = Ableitung mit Oberflächenelektroden
B = Ableitung mit Nadelelektroden
Die direkte Muskelantwort ist mit M bezeichnet, die Pfeile markieren den Reizbeginn.

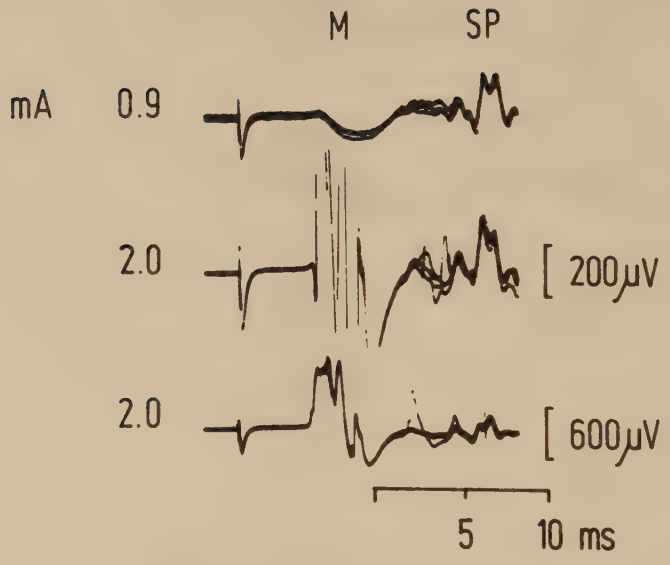

Abbildung 5 : Ableitung eines Spätpotentials (SP) am M. orbicularis oris. Die übereinanderphotographierten Mehrfachableitungen demonstrieren die Amplituden- und Latenzkonstanz des Spätpotentials. Die direkte Muskelantwort ist mit M bezeichnet, der Pfeil markiert den Reizbeginn.

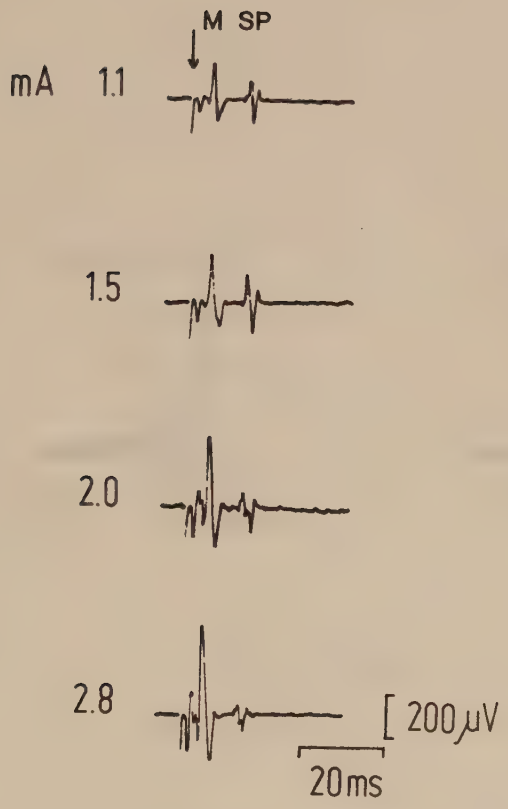

Abbildung 6 : Ableitung eines Spätpotentials (SP) am M. orbicularis oris der operierten Seite bei einer Versuchsperson mit retroganglionärer Faserdurchtrennung des N. trigeminus nach FRAZIER-SPILLER (VP 14). Die direkte Muskelantwort ist mit M bezeichnet, der Pfeil markiert den Reizbeginn.

Abbildung 7 : Ableitung eines Spätpotentials (SP) des M. mentalis vor (links) und nach (rechts) tetanischer Reizung. Das Spätpotential zeigt eine typische posttetanische Facilitierung. Die direkte Muskelantwort ist mit M bezeichnet, die Pfeile markieren den Reizbeginn.

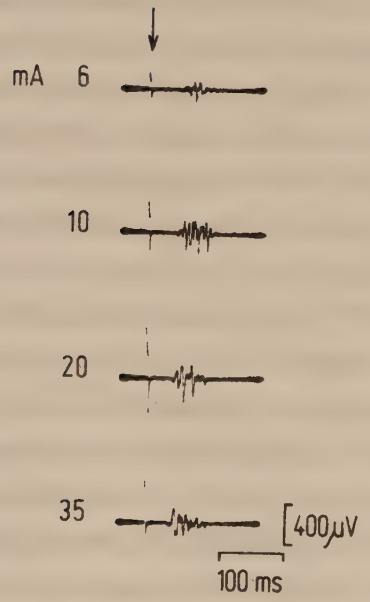

Abbildung 8 : Trigemino-facialer Reflex des M. orbicularis oris bei Hautreizung am Kieferwinkel. Der Pfeil markiert den Reizbeginn.

5. DISKUSSION

Bei fünf von 15 Versuchspersonen konnten wir bei intranervaler Reizung des N. facialis am Foramen stylomastoideum in der perioralen Muskulatur der gereizten Gesichtsseite ein Potential ableiten, welches die Eigenschaften eines elektrisch ausgelösten monosynaptischen Eigenreflexes aufwies. Die Reizschwelle für das Reflexpotential war niedriger oder gleich groß wie die der direkten Muskelantwort, also den Schwellenwerten des H-Reflexes im M. soleus vergleichbar[57-59,66]. Es gelang nur bei zwei Versuchspersonen, mit schwellennaher Reizstärke isoliert das Reflexpotential ohne direkte Muskelantwort auszulösen, wie es für einen H-Reflex typisch ist[68]. Dies ist darauf zurückzuführen, daß das Faserspektrum des N. facialis nicht wie das des Extremitätennerven eine bimodale, sondern eine unimodale Verteilung aufweist[8,71], die Reizschwellen für motosensible und motorische Fasern im N. facialis also näher beieinanderliegen, als beispielsweise im N. tibialis. Die pro Versuchsperson konstante Latenz des Reflexpotentials und die Abhängigkeit der Latenz von der Reizstärke finden sich nur bei monosynaptischen Reflexen[56,57]. Auch der synchrone Verlauf des Potentials spricht für eine monosynaptische Verschaltung von Reiz und Reizbeantwortung.

Das Reflexpotential wies bei ansteigender Reizstärke ein reziprokes Amplitudenverhalten gegenüber dem direkten Muskelpotential auf; dieses Phänomen beruht auf einer Kollision von antidromen mit orthodromen Spikes im motorischen Neuriten infolge der unterschiedlichen Leitungsgeschwindigkeit von motosensiblen und motori-

schen Fasern und ist für einen H-Reflex charakteristisch. Bei supramaximalen Reizstärken werden die Reflexpotentiale ausgelöscht. Das Reflexpotential der Facialismuskulatur wurde jedoch auch bei supramaximalen Reizstärken nicht vollständig blockiert. Hierfür sind folgende Gründe anzuführen: 1. Für eine Auslöschung des Reflexpotentials durch Spike-Kollision ist eine Mindestentfernung vom Reizort zum Motoneuron notwendig. Diese Entfernung betrug am N. facialis bei unserer Versuchsanordnung im Mittel 15 cm[52]; sie reicht möglicherweise nicht aus, um dem afferenten (schneller geleiteten) Spike den notwendigen Vorsprung zu geben, damit der hierdurch induzierte efferente Spike mit dem antidromen (langsamer geleiteten) Spike im motorischen Neuriten überhaupt kollidieren kann. 2. Wegen der unimodalen Verteilung der Facialisneuriten[8,71] war zu erwarten, daß motosensible und motorische Leitungsgeschwindigkeit nur geringfügig differieren. Wir fanden mit standardisierter Methodik eine motorische Leitungsgeschwindigkeit des Ramus temporofrontalis des N. facialis von 32 m/sec (SD $\pm$ 2,4 m/sec). Die Nervenstrecke des Facialis vom Korngebiet in der Brücke bis zur Innervationszone in der perioralen Muskulatur beträgt im Durchschnitt 25 cm[52]. Bei Nervenreizung am Kieferwinkel und Ableitung am M. orbicularis oris (Strecke 10 cm) haben wir eine distale motorische Latenz von durchschnittlich 3,9 msec gemessen. Vorausgesetzt, daß die motorische Leitungsgeschwindigkeit des N. facialis in seinem proximalen und distalen Abschnitt gleich groß ist, benötigt die motorische Erregung für die Strecke vom Facialiskern bis zur perioralen

Muskulatur einschließlich der distalen motorischen Latenz etwa 8 - 9 msec. Bei einer mittleren Latenz des Spätpotentials von 13,2 msec bleiben für die Dauer der afferenten Erregung abzüglich der Synapsenzeit von 0,5 - 0,7 msec etwa 4 msec. Bei einer Strecke vom Reizort am Kieferwinkel zum Facialiskern in der Brücke von 15 cm errechnet sich daraus eine Leitungsgeschwindigkeit für die Afferenz von ca. 37 m/sec; sie ist also nur geringfügig höher als die motorische Leitungsgeschwindigkeit von 32 m/sec. Eine für die Spike-Kollision notwendige Spike-Dispersion von mehr als einer Synapsenzeit ist demnach nicht vollständig erreicht worden. Eine denkbare Erklärung für das Amplitudenverhalten der Potentiale als Folge einer den Einzelreiz überdauernden Erregbarkeitsveränderung des Facialiskerns ist dadurch auszuschließen, daß zwischen den einzelnen elektrischen Reizen ein großer Zeitabstand von 10 Sekunden lag.

Bei der in einem Fall reproduzierbar nachgewiesenen Amplitudenzunahme des Reflexpotentials nach tetanischer Reizung handelt es sich um eine posttetanische Fazilitierung; der mittlere Bahnungseffekt des Potentials von 80 % ist mit den Werten vergleichbar, die HAGBARTH[28] und CORRIE[16] am H-Reflex des M. soleus fanden. Die posttetanische Fazilitierung ist Folge positiver Erregbarkeitsveränderungen der motorischen Endknöpfe am Neuron[20,21,56]. Sie gilt ebenso als Charakteristikum einer monosynaptischen Verschaltung wie als Kriterium einer ungestörten synaptischen Impulsübertragung. Polysynaptische Reflexe sind dagegen kaum posttetanisch fazilitierbar, da ihre spinale Verschaltung vorwiegend

über hemmende Interneurone verläuft[21,77]. Die in einem Fall gefundene posttetanische Fazilitation des Reflexpotentials der Facialismuskulatur beweist dessen monosynaptische Verschaltung. Bei vier Versuchspersonen mit einem Eigenreflex in der Facialismuskulatur konnten wir nach tetanischer Reizung keine Fazilitation feststellen. Einen Grund hierfür können wir nicht benennen. Die 1967 von HUGHES und MORRELL[42] nach Tetanus beobachtete Abnahme der direkten Muskelantwort, die als Folge einer lokalen Milchsäureanreicherung erklärt wurde, konnten wir bei keiner Versuchsperson beobachten.

Bei einer Versuchsperson (VP 14) mit einseitiger retroganglionärer Trigeminusdurchtrennung nach FRAZIER-SPILLER lösten wir ein Reflexpotential auf der operierten Seite aus, das dieselben Kriterien wie das der vier gesunden Versuchspersonen aufwies. Dieser Befund schließt aus, daß die Afferenz des Reflexpotentials über den N. trigeminus verläuft. Es kann sich also nicht um einen trigeminofacialen Reflex handeln, wie ihn KUGELBERG[52] und EKBOM[24] auslösten. Gegen eine Interpretation des Potentials als trigeminofacialer Reflex spricht auch unsere Stimulationsmethode: wir reizten mit isolierten Semimikroelektroden gezielt den N. facialis, wobei vorher die Einstichstelle der Führungskanüle intracutan mit Scandicain infiltriert worden war. Durch die isolierte Stimulation des N. facialis sowie durch die Hautanaesthesie wurde eine Mitreizung der sensiblen Trigeminus- und/oder Cervicalnervenanteile verhindert. Nach den Untersuchungen von BENDER[2], GANDIGLIO und

FRA[27], KUGELBERG[52], OKA[64], RUSWORTH[73-76] sowie TOKUNAGA[93] traten polysynaptische Facialisreflexe, wie der trigemino-faciale Reflex, stets bilateral auf; unsere Reflexpotentiale waren jedoch nur unilateral auf der gereizten Seite zu registrieren.

KUGELBERG[52] hatte als Argument für die monosynaptische Verschaltung der ersten Komponente des Glabellareflexes u.a. ihre Latenzkonstanz angeführt. SHAHANI[85] wies jedoch für das Potential sowohl bei mechanischer als auch bei elektrischer Auslösung eine mittlere Schwankung von 3 msec nach, welche sich nur durch polysynaptische Verschaltung erklären läßt. Der Autor konnte bei Patienten mit Areflexie infolge FRIEDREICH'scher Erkrankung Glabellareflexe mit zwei Komponenten auslösen; er führte diese Beobachtung als Gegenargument gegen die Auffassung KUGELBERG's an, daß die erste Komponente des Glabellareflexes ein monosynaptischer Eigenreflex sei. SHAHANI[85] berief sich dabei auf die Untersuchungen von HUGHES und Mitarb.[43], die bei der FRIEDREICH'schen Erkrankung neben einer Degeneration von cerebellären und spinalen Neuronen auch eine Degeneration von Ia-Fasern im peripheren Nerven gefunden hatten. SHAHANI[85] folgerte daraus, daß die Afferenz für die erste Komponente des Glabellareflexes nicht, wie KUGELBERG[52] angenommen hatte, über motosensible Trigeminusfasern der Gruppe Ia geleitet werden könne und deshalb nicht monosynaptisch verschaltet sei. Gegen die Beweisführung SHAHANI's ist jedoch einzuwenden, daß die Degeneration bei der FRIEDREICH'schen Ataxie meist in somatotopischer Ordnung mit den Füßen beginnt und eine

Areflexie an den Extremitäten eine Mitbeteiligung der Hirnnerven nicht notwendigerweise einschließt.

SHAHANI[82,85] nahm aus oben angeführten Gründen an, wie bereits HOFFMANN 1924[35], daß die mimische Muskulatur eines so spezifischen Mechanismus wie des Eigenreflexes gar nicht bedürfe, sondern eine exteroceptiv-nociceptive Regelung der Facialismotorik ausreichend sei. In Analogie zum Flexorreflexes des M. tibialis anterior, einem Reflex mit ebenfalls zwei Komponenten[83-85], handelt es sich bei den trigemino-facialen Reflexen, wie z.B. dem Glabellareflex, um Schutzreflexe. Sie sind wegen ihrer wichtigen biologischen Bedeutung besonders niederschwellig auszulösen und weisen ein ausgedehntes exteroceptives Feld auf. Die Vorstellungen über einen solchen exteroceptiv-nociceptiven Regelmechanismus der Facialismuskulatur stimmen mit Arbeiten von SCHAEFER[81] und WIESER 1962[99] sowie von HOPF 1964[37,38] überein. Die 1952 von EKBOM[24] in der perioralen Muskulatur abgeleiteten Reflexpotentiale sind aufgrund ihrer Parameter ebenfalls als trigemino-faciale Hautreflexe zu interpretieren.

Um einen trigemino-facialen Reflex der perioralen Muskulatur mit dem facio-facialen Reflex zu vergleichen, haben wir einen Hautreflex der Gesichtsmuskulatur mit intracutaner Reizung von der Stelle ausgelöst, an der wir in der Tiefe den N. facialis reizten. Zur Auslösung der trigemino-facialen Reflexpotentiale waren hohe, schmerzhafte Reizstärken notwendig; die Latenzen schwankten im Einzelfall bis zu 6 msec, die Potentiale wurden bei repetitiver

Reizung kleiner und fielen teilweise aus, zeigten also eine Habituation. Die nach intracutaner Reizung registrierten trigemino-facialen Reflexpotentiale entsprechen der zweiten Komponente des von KUGELBERG[52] und EKBOM[24] gefundenen Reflexpotentials.

1970 beschrieben SAWHNEY und KAYAN[79,80] bei Oberflächenreizung des N. facialis in der Gesichtsmuskulatur nach der direkten Muskelantwort ein zweites Potential; sie interpretierten dies als F-Welle im Sinne rückläufiger Entladung von Facialismotoneuronen nach antidromer Erregung. Im Vergleich mit unserem Reflexpotential weist das Spätpotential von SAWHNEY und KAYAN eine höhere Reizschwelle und eine längere sowie inkonstante Latenz auf. Auch bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Versuchsanordnung schließt seine Reizschwelle eine Verwechslung mit unserem Reflexpotential aus. Die Kriterien einer F-Welle, wie sie erstmalig 1960 von MAGLADERY und McDOUGAL[57] an den Hand- und Fußmuskeln des Menschen abgeleitet wurde, treffen für unser facio-faciales Reflexpotential nicht zu. Die F-Welle weist im Gegensatz zum H-Reflex des M. soleus und auch zu unserem Reflexpotential eine für die direkte Muskelantwort supramaximale Reizschwelle auf, sie läßt sich bei supramaximalen Reizstärken nicht unterdrücken, ihre Latenz ist inkonstant und sie zeigt keine posttetanische Fazilitation. Die 1941 von RENSHAW[69] am Hinterbein der Katze beschriebene F-Welle weist eine ebenso konstante Latenz auf, wie das Potential, welches DAWSON und MERTON 1956[19] an den kleinen Hand- und Fußmuskeln

des Menschen beschrieben. Inkonstante Reflexlatenzen, wie auch die des Potentials von SAWHNEY und KAYAN[79,80] können deshalb nicht als Rückschlagwelle erklärt werden. Sie sind offenbar polysynaptisch verschaltet, was 1971 KROTT und Mitarb.[50] für die F-Welle des M. soleus zeigten.

Wir leiteten bei den Reflexuntersuchungen bewußt von den M.m. orbicularis oris und mentalis ab, da KADANOFF[49], BOWDEN[7,8] und OKAMOTO[65] eine Häufung von Spindelorganen in der perioralen Muskulatur nachgewiesen hatten. Zudem weist nach den elektromyographischen Untersuchungen von HISHIKAWA[34] der M. mentalis ein synchrones und scharf abgesetztes Muskelpotential auf, was diesen Muskel als Ableiteort für die Untersuchungen prädestinierte. In Voruntersuchungen zu dieser Arbeit waren nach Facialisreizung simultane Ableitungen aus den M.m. orbicularis oculi und frontalis durchgeführt worden: in keinem Fall konnten wir in diesen Muskeln Reflexpotentiale registrieren. Offenbar besteht beim Menschen für die perioculäre Muskulatur ein gegenüber der perioralen Muskulatur unterschiedlicher Innervationsmodus. Wie BLINKOV[4,5], SHINDO[86] und VRAA-JENSEN[95] zeigten, sind die Areale des Facialiskerns, welche die buccolabiale Muskulatur innervieren, beim Menschen besonders zellreich: neben größeren Zellen, welche möglicherweise den Alphamotoneuronen des Rückenmarks entsprechen, finden sich auch vereinzelt kleinere Zellen. COURVILLE[17,18] nahm an, daß es sich dabei um Gammamotoneurone handelt. Dies könnte bedeuten, daß der N. facialis seine Muskelspindeln ebenso wie die Spinalnerven über eine Gammaschleife innerviert. Die histologischen Be-

funde von COURVILLE[17,18] und KADANOFF[49] sprechen für einen im Prinzip analogen Aufbau des Motoneuronensystems sowohl auf spinaler als auch auf Hirnnervenebene und damit für eine funktionell gleichartige Organisation von Skeletmuskulatur und perioraler Muskulatur.

LINDQUIST und MÅRTENSSON[54,55] erhielten bei der Katze durch isolierte Stimulation des N. facialis keine Reflexpotentiale in der Facialismuskulatur. Histologische Untersuchungen[7] haben ergeben, daß die Katze keine Muskelspindeln in der Facialismuskulatur besitzt. Entsprechende Speziesunterschiede des Muskelspindelvorkommens wurden auch für andere Hirnnerven beschrieben[6,7,8,15,60]. Im Facialiskern und im N. facialis bestehen Artspezifitäten der Zellverteilung bzw. der Faseranzahl; so sind beispielsweise bei Hunden und Katzen diejenigen Gebiete im Facialiskern besonders stark ausgeprägt, welche die auriculäre Muskulatur innervieren[95]. Das Faserspektrum des N. facialis ist hinsichtlich Neuritendurchmesser und Faseranzahl ebenfalls sowohl beim Vergleich zwischen den einzelnen Tierarten als auch verglichen mit dem Menschen verschieden[11,26,61,62]. BLINKOV[4,5], VAN BUSKIRK[11] und MALECI[61,62] wiesen nach, daß beim Menschen die Zellzahl des Facialiskerns und die Neuritenanzahl im N. facialis eine inter- und intraindividuelle Schwankungsbreite bis 200 % aufweisen. Es ist deshalb anzunehmen, daß eine solch unterschiedliche quantitative Verteilung auch die motosensiblen Fasern des N. facialis betrifft. Die große intraindividuelle Schwankung erklärt, weshalb

das Reflexpotential nur bei einem Teil der Versuchspersonen und dort meist nur einseitig nachgewiesen werden konnte. Ob die Anzahl der Muskelspindeln der mimischen Muskulatur ebenfalls interindividuell schwankt, ist nicht bekannt.

Da wir den monosynaptischen Eigenreflex nur in der perioralen und nicht in der perioculären Gesichtsmuskulatur nachweisen konnten, ist anzunehmen, daß beim Menschen der proprioceptive Reflexmechanismus für die Stirn-, Augen- und Mundregion des N. facialis unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Wir nehmen weiterhin an, daß für die perioculäre Muskulatur die von SHAHANI[82,85] als polysynaptisch identifizierten trigemino-facialen Reflexe (wie beispielsweise der Glabellareflex) als nociceptive Schutzreflexe praevalent sind, während für die periorale Muskulatur zusätzlich ein proprioceptiver Regelmechanismus existiert. HOFFMANN's Vorstellung [35], nach der die eigenreflektorische Regelung über Spindelorgane ein Privileg der Stützmotorik ist, muß anhand unserer Untersuchungsergebnisse korrigiert werden.

6. SCHLUSSBETRACHTUNG

Nachdem KADANOFF[49] histologisch in der Facialismuskulatur des Menschen Muskelspindeln gefunden hatte, konnten wir jetzt neurophysiologisch das entsprechende proprioceptive feedback in der mimischen Muskulatur des Menschen nachweisen: wir fanden einen monosynaptischen facio-facialen Eigenreflex, der sich analog dem H-Reflex des M. soleus verhält. Bisher waren für die mimische Gesichtsmuskulatur nur exteroceptive Schutzreflexe bekannt, ein proprioceptiver Reflex wurde zur Regelung der Facialismotorik für entbehrlich gehalten. Die Argumentation war rein mechanisch, man sah die Hauptaufgabe des monosynaptischen Eigenreflexes in der Sicherung der Statik mit Hilfe der Antigravitationsmuskulatur. Es wurde angenommen, daß die mimische Muskulatur eines monosynaptischen Eigenreflexes nicht bedürfe, da sie weder Gelenkbewegungen auszuführen, noch größere Trägheitsmomente zu überwinden habe.

Der mimische Ausdruck, welcher hauptsächlich durch die perioralе Muskulatur geformt wird, erfüllt eine wichtige Kommunikationsfunktion (EIBL-EIBESFELD[23]). Eine primär-eigenreflektorische Regelung der perioralen Muskulatur ist deshalb wegen der Bedeutung des mimischen Ausdrucks als Kommunikationsmittel durchaus sinnvoll. Das proprioceptive feedback unterstellt die Mimik dadurch mittelbar der corticalen Kontrolle. Offenbar sind jedoch die facio-facialen Eigenreflexe in der Facialismuskulatur des Menschen nur fakultativ vorhanden, während die mimische Muskulatur obligat über nociceptive trigemino-faciale Reflexe reguliert wird.

Einige Tiere, wie beispielsweise Katzen, haben keine Mimik und besitzen auch keine Muskelspindeln in der Facialismuskulatur. Bei diesen Tieren sind im Gegensatz zum Menschen die Motoneurone im Facialiskern für die auriculäre Muskulatur, also für Muskeln, welche primär der akustischen Ortung und Warnung dienen, anteilmäßig weit höher repräsentiert, als die Motoneurone für die perioräle Muskulatur. Das erklärt, warum die Facialismotorik dieser Tiere ausschließlich über exteroceptiv-nociceptive Verschaltungen reguliert wird. Beim Menschen dagegen überwiegen im Facialiskern die Motoneurone für die periorale Muskulatur; entsprechend sind die Spindelorgane vorwiegend in diesen Muskeln zu finden.

Der monosynaptische Eigenreflex der mimischen Muskulatur ist ein direkter Regelkreis für die Längenmessung der Gesichtsmuskeln. Wir nehmen an, daß er zusammen mit den trigemino-facialen Reflexen der Sicherung einer exakten Regulierung der für die Ausdruckskommunikation notwendigen perioralen Muskulatur dient.

7. ZUSAMMENFASSUNG

1) Durch elektrische Reizung des N. facialis mit Nadelelektroden wurde bei fünf von 15 Versuchspersonen in der ipsilateralen Facialismuskulatur ein synchrones Reflexpotential (SP) mit größerer Latenz als die direkte Muskelantwort (M) ausgelöst.

2) Das Reflexpotential war durch eine für die direkte Muskelantwort inframaximale Reizschwelle, ein reizabhängiges, gegenüber der direkten Muskelantwort reziprokes Amplitudenverhalten und eine individuell konstante Latenz charakterisiert. Bei einer Versuchsperson gelang eine posttetanische Fazilitierung des Reflexpotentials um 80 % des unfazilitierten Ausgangswertes. Das Reflexpotential war nur in den M.m. orbicularis oris und mentalis und nicht in den M.m. frontalis und orbicularis oculi auszulösen.

3) Die Versuchsanordnung mit Reizung des N. facialis am Foramen stylomastoideum mit isolierten Semimikroelektroden, die intracutane Scandicain-Infiltration der Einstichstelle sowie die Anwendung niedriger Reizintensitäten ohne Schmerzempfindung ermöglichte eine gezielte Reizung des N. facialis ohne Miterregung sensibler Trigeminus- und/oder Cervicalnervenanteile.

4) Bei einem Patienten mit retroganglionärer Trigeminusdurchtrennung nach FRAZIER-SPILLER konnten wir auf der operierten Seite ein Reflexpotential auslösen, welches die Kriterien des Reflexpotentials der gesunden Versuchspersonen aufwies. Dieser Befund schließt aus, daß es sich bei dem Potential um einen polysynaptischen trigemino-facialen Reflex handelt. Weiterhin sprechen gegen eine trigemino-

faciale Verschaltung die Latenz des Reflexpotentials von 13,2 msec (SD ± 0,1 msec), sein unilaterales Auftreten und sein synchroner Potentialverlauf.

5) Wir konnten ausschließen, daß es sich bei unserem Reflexpotential um eine F-Welle als Rückschlagwelle nach antidromer Erregung im Sinne RENSHAWs handelt; die F-Welle weist im Gegensatz zu dem Reflexpotential in der Facialismuskulatur eine für die direkte Muskelantwort supramaximale Reizschwelle und eine inkonstante Latenz auf. Sie zeigt kein reizabhängiges, gegenüber der direkten Muskelantwort reziprokes Amplitudenverhalten und läßt sich nicht posttetanisch fazilitieren.

6) Die niedrige Reizschwelle des Reflexpotentials, seine konstante Latenz, sein reizabhängiges, gegenüber der direkten Muskelantwort reziprokes Amplitudenverhalten und die in einem Fall nachgewiesene posttetanische Fazilitierung sind für einen elektrisch ausgelösten monosynaptischen Eigenreflex (H-Reflex) typisch. Es handelt sich daher bei dem Reflexpotential um einen monosynaptischen facio-facialen Reflex, dessen afferente Bahn über proprioceptive Fasern des N. facialis verläuft und der möglicherweise über eine Gamma-Schleife reguliert wird.

7) Der elektrisch ausgelöste monosynaptische Eigenreflex weist mit dem histologischen Befund von Muskelspindeln in der Facialismuskulatur des Menschen nach, daß für das motorische Facialissystem ein proprioceptives feedback existiert. Danach besteht auch für die mimische Gesichtsmuskulatur des Menschen eine eigenreflektorische Regelung, wie sie bisher nur für die Stützmotorik angenommen wurde.

8. LITERATUR

1) AZZENA,G.B. and PALMIERI,G.: A trigeminal monosynaptic reflex in birds.
Exp.Neurol. 18, 184-193 (1967)

2) BAUM,J.: Beiträge zur Kenntnis der Muskelspindeln.
Anat. Hefte 13, 251-305 (1900)

3) BENDER,L.F.: Blink reflex test.
Electroenceph.clin.Neurophysiol. 25, 409 (1968)

4) BLINKOV,S.M. and PONOMAREV,V.S.: Quantitative determinations of neurons and glial cells in the nuclei of the facial and vestibular nerves in man, monkeys and dog.
J.comp.Neurol. 125/3, 295-301 (1965)

5) BLINKOV,S.M., GLEZER,J.J.: Das Zentralnervensystem in Zahlen und Tabellen.
VEB Gustav Fischer Verlag - Jena (1968)

6) BLUM,S.: Afferent influences on tongue muscle activity.
Acta physiol.scand. 49, Suppl. 170 (1960)

7) BOWDEN,R.E.M. and MAHRAN,Z.Y.: The functional significance of the pattern of innervation of the muscle quadratus labii superioris of the rabbit, cat and rat.
J.anat. 90, 217-226 (1956)

8) BOWDEN,R.E.M., KEENE,M.F.L., GOODING,M., MAHRAN,Z.Y. and WITHINGTON,J.L.: The afferent innervation of facial and laryngeal muscles.
Anat.Rec. 136, 168 (1960)

9) BROSER,F., HOPF,H.C. und HUFSCHMIDT,H.-J.: Die Ausbreitung des Trigeminusreflexes beim Menschen.
Dtsch.Z.Nervenheilk. 186, 149-161 (1964)

10) BRUESCH,S.R.: The distribution of myelinated afferent fibres in the branches of cat's facial nerve.
J.comp.Neurol. 81, 169-191 (1944)

11) BUSKIRK,van C.: The seventh nerve complex.
J.comp.Neurol. 82, 303.335 (1945)

12) CARMICHAEL,E.A. and WOLLARD,H.H.: Some observations on the fifth and seventh cranial nerves.
Brain 56, 109-125 (1933)

13) CIPOLLONE,L.T.: Nuove ricerche sul fuso neuromuscolare.
Ric.Lab.Anat.norm.Univ. Roma 6, 157-200 (1896-98)

14) CIPOLLONE,L.T.: Ricerche sull'anatomia normale e pathologica delle terminazioni nervose nei muscoli striati.
Ann.Med.nav.colon.(Suppl.) 3, 1-281 (1897)

15) COOPER,S.: Muscle spindles in the intrinsic muscles of the human tongue.
J.Physiol.(Lond.) 122, 193-202 (1953)

16) CORRIE,W.St. and HARDIN,W.B.: Post-tetanic potentiation of the H-reflex in normal man (Quantitative study).
Arch.Neurol.(Chic.) 11, 317-323 (1964)

17) COURVILLE,J.: Rubrobulbar fibres to the facial nucleus and the lateral reticular nucleus (nucleus of the lateral funiculus). An experimental study in the cat with silver impregnation methods.
Brain Res. 1/4, 317-337 (1966)

18) COURVILLE,J.: The nucleus of facial nerve; the relation between cellular groups and peripheral branches of the nerve.
Brain Res. 1/4, 338-355 (1966)

19) DAWSON,G.D. and MERTON,P.A.:"Recurrent" discharges from motoneurones. XX.Inter.Congr.Physiol., Brussels,Abstr.Comm. 221-222 (1956)

20) ECCLES,J.C.: The neurophysiological basis of mind: The principles of neurophysiology.
Clarendon Press Oxford (1953)

21) ECCLES,J.C.: The physiology of synapses.
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1964)

22) EDGEWORTH,F.H.: On the medullated fibres of some of the cranial nerves and the development of certain muscles of the head.
J.Anat. and Physiol. 14, 113 (1900)

23) EIBL-EIBESFELD,J.: Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung. Ethologie.
Piper Verlag, München 1.Aufl. (1967)

24) EKBOM,K.A., JERNELIUS,B. and KUGELBERG,E.: Perioral reflexes.
Neurology (Minneap.) 2, 103-111 (1952)

25) FERRARI,E. und MESSINA,C.: Osservazioni elettrofisiologiche sui riflessi trigemino-facciali nell'uomo: l'"abitudine" della componenta polisinaptico.
Riv. di Neurologia 38, 84-93 (1968)

26) FOLEY,J.O. and DUBUIS,F.S.: An experimental study of the facial nerve.
J.comp.Neurol. 79, 79-105 (1943)

27) GANDIGLIO,G. and FRA,L.: Further observations on facial reflexes.
J.Neurol.Sci. 5, 273-285 (1967)

28) HAGBARTH,K.E.: Post-tetanic potentiation of myotatic reflexes in man.
J.Neurol.Neurosurg.Psychiat. 25, 1-10 (1962)

29) HAGGQVIST,G.: Zur Kenntnis einer doppelten cerebrospinalen Innervation der Skeletmuskeln.
Z.mikro.-anat.Forsch. 43, 491-508 (1938)

30) HAGGQVIST,G.: A contribution to the question of the nervous and muscular substratum of the muscle tone.
Acta med.scand. 104, 8-20 (1940)

31) HINES,M.: Nerve and muscle.
Quart.Rev. of Biol. 2, 149-185 (1927)

32) HINES,M.: The innervation of the muscle-spindle.
Res.Publ.Ass.nerv.ment.Dis. 9, 124-152 (1930)

33) HINSEY,J.C.: Observations on the innervation of the blood vessels in the skeletal muscle.
J.comp.Neurol. 47, 23-65 (1928)

34) HISHIKAWA,Y., SUMITSUJI,N., MATSUMOTO,K. and KANEKO,Z.: H-reflex and EMG of the mental and hyoid muscles during sleep, with special references to narcolepsy.
Electroenceph.clin.Neurophysiol. 18, 487-492 (1965)

35) HOFFMANN,P.: Die physiologischen Eigenschaften der Eigenreflexe.
Ergeb.Physiol. 36, 15-108 (1924)

36) HOLLINSHEAD,W.H.: Anatomy for surgeons.
A.Harper - New York, I, 324 (1954)

37) HOPF,H.C.; HUFSCHMIDT,H.-J. and STRÖDER,J.: Trigeminus reflex in young infants.
Nature 204, 1312 (1964)

38) HOPF,H.C., HUFSCHMIDT,H.-J. and STRÖDER,J.: Development of the "trigemino-facial-reflex" in infants and children.
Ann.pediat. 204, 52-64 (1965)

39) HUBER,E. and HUGHSON,W.: Experimental study on the voluntary motor innervation of the facial musculature.
J.comp.Neurol. 42, 113-163 (1926)

40) HUBER,E.: Über das Muskelgebiet des Nervus facialis beim Hund nebst allgemeinen Betrachtungen über die Facialismuskulatur.
Morphol.Jahrb. 52, 1.Teil, 1-110 , 2.Teil 353-414 (1930)

41) HUBER,E.: Evolution of facial musculature and cutaneous field of trigeminus.
Part III, Quart.Rev. of Biol. 5, 389-437 (1930)

42) HUGHES,J.R. and MORRELL,R.M.: Posttetanic changes in the human neuromuscular system.
J.appl.Physiol. 11, 51-57 (1957)

43) HUGHES,J.T., BROMWELL,B. and HEWER,R.L.: The peripheral sensory pathway in Friedreich's ataxia.
Brain 91, 803-818 (1968)

44) HUNT,J.R.: On herpetic inflammations of the geniculate ganglion. A new syndrome and its complications.
J.comp.Neurol. 34, 73-96 (1907)

45) HUNT,J.R.: The sensory system of the facial nerve and its symptomatology.
J.Nerv.Ment.Dis. 36, 321-350 (1909)

46) HUNT,J.R.: The sensory field of the facial nerve (A further contribution to the symptomatology of the geniculate ganglion).
Brain 38, 418-446 (1915)

47) HUNT,J.R.: Geniculate neuralgia (Neuralgia of the nervus facialis).
Arch.Neur.Psychiat. 37, 253-285 (1937)

48) IVY,B.H. and JOHNSON,L.W.: Preservation of deep sensibility of the face after destruction of the fifth nerve.
Univ.of Penn.Med.Bull. 15, 35-38 (1907)

49) KADANOFF,D.: Die sensiblen Nervenendigungen in der mimischen Muskulatur des Menschen.
Z.Mikrosk.-anat.Forsch. 62, 1-15 (1956)

50) KROTT,H.M., JACOBI,H.M. und BUSSE,M.: H-Reflex und F-Welle des M. soleus beim Menschen.
Z.Neurol. 199, 332-343 (1971)

51) KIDD,L.J.: Alleged sensory cutaneous zone of the facial nerve in man.
Rev.Neur. and Psychiat.(Edinb.) 12, 393-410 (1914)

52) KUGELBERG,E.: Facial reflexes.
Brain 75, 385-396 (1952)

53) LARSELL,O. and FENTON,R.A.: The embryology and neurohistology of the sphenopalatine ganglion connections; a contribution to the study of otalgia.
Laryngoscope 38, 371-389 (1928)

54) LINDQUIST,Chr. and MÅRTENSSON,A.: The possible role of exteroceptors in the control of facial muscles.
Acta physiol.scand. 330, Suppl. 116 (1969)

55) LINDQUIST,Chr. and MÅRTENSSON,A.: Mechanisms involved in the cat's blink reflex.
Acta physiol.scand. 80, 149-159 (1970)

56) LLOYD,D.P.C.: Post-tetanic potentiation of response in monosynaptic reflex pathways of spinal cord.
J.Gen.Physiol. 33, 147-170 (1949)

57) MAGLADERY,J.W. and McDOUGAL,D.B.: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibres.
Bull.John.Hopk.Hosp. 86, 265-290 (1950)

58) MAGLADERY,J.W., PORTER,W.E., PARK,A.M. and TEASDALL,R.D.: Electrophysiological studies of nerve and reflex and identification of certain action potentials from spinal roots and cords. Bull.John.Hopk.Hosp. 88, 499-519 (1951)

59) MAGLADERY,J.W., TEASDALL,R.D., PARK,A.M. and PORTER,W.E.: Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. V. Excitation and inhibition of two-neurone reflexes by afferent impulses in the same nerve trunk. Bull.John.Hopk.Hosp. 88, 520-537 (1951)

60) MAHRAN,Z.Y.: Innervation of facial musculature. Ph.D. Thesis, London (1955)

61) MALECI,O.: Contributo alla conoscenza delle variazioni quantitative delle cellule nervose nella senescence. Arch.ital.d.anat. e di embriol. 33, 883-901 (1934)

62) MALECI,O,: Sue rapporto numerico tra la cellule die nuclei di origine e le fibre di nervi motori encefalici dell'uomo, con osservazioni differenze qualitative delle fibre. Arch.ital.d.anat. e di embriol. 35, 559-583 (1936)

63) MESSINA,C.: Analisi dei riflessi trigemino-facciali nei diversi stadi del sonno. Sistema nervos. 20, 239-251 (1968)

64) OKA,M., TOKUNAGA,A., MURAO,T., YOKOI,H., OKUMURA,T., HIRATA,T., MIYASHITA,Y. and YOSHITATSU,S.: Trigemino-facial reflex, its evoked electromyographic study on several neurologic disorders. Med.Journal of Osaka Univ. 9, 389-396 (1958)

65) OKAMOTO,T.: Persönliche Mitteilung an HOSOKAWA,H. zit. bei HOSOKAWA,H.: Proprioceptive innervation of striated muscles in the territory of cranial nerves. Texas Rep.Biol.Med. 19, 405-464 (1961)

66) PAILLARD,J.: Reflexes et regulations d'origines proprioceptive chez l'homme.
Arnette Paris (1955)

67) PEARSON,A.A.: Observations on the roots of the facial nerve in human fetuses.
Anat.Rec. 91, 294-295 (1945)

68) PIERROT-DESEILLIGNY,E.: Le reflex "H"; son intérêt pour l'exploration fonctionelle du système nerveux.
La Presse Medicale 77, 129-130 (1969)

69) RENSHAW,B.: Influences of discharge of motoneurones upon excitation of neighbouring motoneurones.
J.Neurophysiol. 4, 167-183 (1941)

70) RHINEHART,D.A.: The nervus facialis in the albino mouse.
J.comp.Neurol. 30, 81-125 (1918)

71) RHOTON,A.J.jr.: Afferent connections of the facial nerve.
J.comp.Neurol. 133/1, 89-100 (1968)

72) RUSWORTH,G.: Parageusia following Bell's palsy: a result of faulty re-innervation.
J.Neurol.Neursosurg.Psychiat. 23, 250-252 (1960)

73) RUSWORTH,G.: Electromyographic study of facial reflexes in man.
Electroenceph.clin.Neurophysiol. Suppl. 22, 111-114 (1962)

74) RUSWORTH,G.: Observations on blink reflexes.
J.Neurol.Neurosurg.Psychiat. 25, 93-108 (1962)

75) RUSWORTH,G.: Some functional properties of deep facial afferents. In: Control and innervation of skeletal muscle. Ed.B.L.ANDREWS, Aberdeen, Univ. of St.Andrews Press, 125-133 (1966)

76) RUSWORTH,G.: Neurophysiologie clinique de quelques reflexes dans le domaine du nerf facial.
Electromyography 4, 349-366 (1968)

77) RYALL,R.W.: Renshaw-cell mediated inhibition of Renshaw-cells: patterns of excitation and inhibition from impulses in motor axon collaterals.
J.Neurophysiol. 33, 257-270 (1970)

78) SANNA,G. and MESSINA,C.: Contributo neurofisiologica allo studio dei riflessi trigemino-facciali.
Acta Neurol. 22, 347-355 (1967)

79) SAWHNEY,B.B. and KAYAN,A.: Eine Untersuchung der F-Welle an den Gesichtsmuskeln.
Z.EMG-EEG 1, 116 (1970)

80) SAWHNEY,B.B. and KAYAN,A.: A study of the F-wave from facial muscles.
Electromyography 3, 287-295 (1970)

81) SCHAEFER,K.-P. und WIESER,St.: Über nociceptive Reflexe des Gesichtes. II. Neurophysiologische Untersuchungen.
Dtsch.Z.Nervenheilk. 183, 544-563 (1962)

82) SHAHANI,B. and YOUNG,R.R.: A note on blink reflexes.
Proc.Physiol.Soc. 198, 103-104 (1969)

83) SHAHANI,B.: Effects of sleep on human reflexes with a double component.
J.Neurol.Neurosurg.Psychiat. 31, 574-579 (1968)

84) SHAHANI,B.: A study in human reflexes.
Ph.D. Thesis, Oxford University (1969)

85) SHAHANI,B.: The human blink reflex.
J.Neurol.Neurosurg.Psychiat. 33, 792-800 (1970)

86) SHINDO,K.: Prenatal development of the human facial nucleus.
Bull. Kobe Med.Coll. 16, 168–191 (1959)

87) SMITH,C.C.: Persönliche Mitteilung an HINES,M.
zit. bei HINES,M.: The innervation of the muscle-spindle.
Res.Publ.Ass.nerv.ment.Dis. 9, 124–152 (1930)

88) SOMMER,J.: Hat die mimische Gesichtsmuskulatur Eigenreflexe oder nicht ?
Dtsch.Z.Nervenheilk. 146, 194–301 (1936)

89) SOUQUES,A. and HARTMANN,E.: Les fibres de la sensibilite profonde de la face; passent-elles par le nerf facial ?
Rev.neur. 41, 86–87 (1924)

90) STRUPPLER,A. und DOBBELSTEIN,H.: Elektromyographische Untersuchungen des Glabellareflexes bei verschiedenen neurologischen Störungen.
Nervenarzt 34, 347–352 (1963)

91) SZENTAGOTHAI,J.: Anatomical considerations of monosynaptic reflex arcs.
J.Neurophysiol. 11, 445–454 (1948)

92) SZENTAGOTHAI,J. und RAJKOVITS,K.: Der Hirnnervenanteil der Pyramidenbahn und der praemotorische Apparat motorischer Hirnnervenkerne.
Arch.f.Psychiat. u.Z.f.d.ges.Neurol. 197, 335–354 (1958)

93) TOKUNAGA,A., OKA,M., MURAO,T., YOKOI,H., OKUMURA,T., HIRATA,T., MIYASHITA, Y. and YOSHITATSU,S.: An experimental study of facial reflex by evoked electromyography.
Med.J. of Osaka Univ. 9, 397–411 (1958)

94) VOSS,H.: Zahl und Anordnung der Muskelspindeln in den oberen Zungenbeinmuskeln, im M. trapezius und M. latissimus dorsi.
Anat.Anzeiger 103, 443–446 (1956)

95) VRAA-JENSEN,G.F.: The motor nucleus of the facial nerve. With a survey of the afferent innervation of the facial musculature. Ejnar Munksgaard, Copenhagen (1942)

96) WAKELEY,C.P.G. and EDGEWORTH,F.H.: A note on the afferent nerve supply of the facial muscle. J.Anat. 67, 420-421 (1933)

97) WARTENBERG,R.: The examination of reflexes. Yearbook Publ. Chicago (1945)

98) WEINGROW,S.M.: Facial reflexes. Arch.Pediat. 50, 234-254 (1933)

99) WIESER,St. und MÜLLER-FAHLBUSCH,H.: Über nociceptive Reflexe des Gesichtes. I. Klinische Beobachtungen. Dtsch.Z.Nervenheilk. 183, 530-543 (1962)

Ich danke Herrn Professor Dr. F. Marguth für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. H.M. Krott, Abteilung für Neurologie der Universität Ulm, für Anregungen zu dieser Arbeit und die Unterstützung bei der Bearbeitung des Themas. Herrn Professor Dr. H.H. Kornhuber und Herrn Dr. H.M. Jacobi bin ich für die wertvolle Kritik dankbar.

Lebenslauf

Am 8.4.1944 wurde ich in Kattowitz als Sohn des Ingenieurs Bernhard Poremba und seiner Frau Hilde geboren. Meine Familie flüchtete 1945 nach Marburg/Lahn. Die Volksschule besuchte ich von 1950 - 52 in Marburg/Lahn und von 1952 - 54 in Bergisch-Gladbach. 1954 trat ich in den humanistischen Zweig des Städt. Gymnasiums Bergisch-Gladbach ein und wechselte 1957 an das Ludwigs-Gymnasium in München, wo ich 1963 das Zeugnis der Reife erhielt. Zum Wintersemester 1963/64 immatrikulierte ich mich für die Medizinische Fakultät der Universität München, studierte dort bis zum Wintersemester 1969/70 und bestand im Februar 1970 die Ärztliche Prüfung. Am 1.3.1970 begann ich meine Medizinalassistentenzeit am Städt. Krankenhaus St.Georgen/Schwarzwald und arbeitete je 4 Monate auf der Internistischen und auf der Chirurgischen Abteilung. Seit dem 1.1.1971 arbeite ich als Medizinalassistent an der Neurologischen Abteilung der Universität Ulm.